

Fonts potencials d'ozó troposfèric a Catalunya

Autora: Jordina Gili Ciurana

Supervisora: Mireia Udina Sistach, mudina@meteo.ub.edu

Facultat de Física, Universitat de Barcelona, Diagonal 645, 08028 Barcelona, Espanya.*

Resum: Les altes concentracions d' O_3 són freqüentment observades a diverses regions de Catalunya (NE Espanya) i estan relacionades amb la producció i transport de les seves substàncies precursors, provinents majoritàriament de les emissions a l'atmosfera dels sectors del transport i de la indústria. A partir del mètode *Concentration Weighted Trajectory* (CWT) i de les retrotrajectòries calculades amb el model HYSPLIT, alimentat amb dades del WRF, s'han identificat les principals fonts potencials del territori de Catalunya que contribueixen a elevades concentracions d' O_3 a determinats receptors i s'han associat a zones d'alta activitat industrial. Els resultats mostren que les localitzacions de l'interior del territori estan afectades principalment per mecanismes de circulació locals, que transporten la massa d'aire carregada de contaminants emesos per les indústries localitzades al voltant de la zona d'influència del Vallès Oriental, on s'han estudiat les emissions d'una cel·la com a cas particular. Per una altra banda, les emissions de les indústries no són les principals fonts potencials d' O_3 per les localitzacions situades al nord de Catalunya.

I. INTRODUCCIÓ

L'ozó troposfèric (O_3) és un contaminant atmosfèric secundari que es forma per l'oxidació fotoquímica del monòxid de carboni (CO), metà (CH_4) i altres compostos orgànics volàtils (COVs) en presència d'òxids de nitrogen ($NO_x = NO + NO_2$), radiació solar i altes temperatures (Arnold *et al.* 2018, Massagué *et al.* 2019). Es tracta d'un contaminant a escala global i les concentracions més altes es produeixen al sud d'Europa (EEA 2018), especialment les zones costaneres de la conca del Mediterrani són les més exposades a la contaminació per O_3 (Massagué *et al.* 2019). La dinàmica de l' O_3 en aquestes zones està fortament influenciada per diferents mecanismes. Entre aquests mecanismes hi ha el transport d' O_3 des d'altres regions, la producció local d' O_3 i la recirculació vertical de capes atmosfèriques superiors (EEA 2018). Les recirculacions costaneres impulsades per les brises marines consisteixen en aire fresc diürn que flueix cap a l'interior a nivells superficials i de nit aquesta circulació es reverteix, de manera que el flux es dirigeix cap al mar. El front de la brisa marina es caracteritza per corrents ascendents que tornen cap al mar en altura i s'enfonsa sobre el mar tancant la circulació. Això pot anar creant capes de contaminants a diferents nivells sobre el mar induint la formació i acumulació de dipòsits d' O_3 (Jaén *et al.* 2021). Un altre mecanisme observat és la fumigació superficial de l' O_3 . Es produeix durant el creixement matinal de la capa de mescla que introdueix l' O_3 dels dies anteriors, provinent de masses d'aire contaminades emmagatzemades a la capa residual durant la nit (Jaén *et al.* 2021, Querol *et al.* 2017).

A causa del seu caràcter fortament oxidant, l' O_3 és perjudicial per a la salut humana i provoca danys a la vegetació. És per això que una xarxa d'estacions de mesura d' O_3 s'ha estès pel territori de Catalunya

(nord-est de la Península Ibèrica), que ajuda a les administracions pertinents a controlar i fer un seguiment dels nivells atmosfèrics d'aquest gas. Quan se superen els llindars establerts per la legislació en relació amb la concentració d' O_3 , la Generalitat de Catalunya emet una sèrie d'avisos que tenen l'objectiu d'informar a la població, i a altres administracions a prendre les mesures oportunes per a la protecció de la població. A Catalunya es registren diversos episodis d'altres concentracions d' O_3 cada any durant els mesos d'estiu. Diferents estudis (Jaén *et al.* 2021, Massagué *et al.* 2019, Querol *et al.* 2017) han relacionat aquests episodis amb la producció i el transport de les substàncies precursors de l' O_3 a l'atmosfera, provinents majoritàriament de les emissions del transport i de les indústries localitzades a les zones més urbanes.

La majoria de la població i de les indústries de Catalunya es troben localitzades a la costa de Barcelona i voltants, suposant una zona amb una alta activitat industrial on s'hi concentren molts focus d'emissió i molt trànsit de transport rodat i no rodat associat al port i a l'aeroport de Barcelona. Les emissions d'aquestes infraestructures són la principal font de NO_x i COVs al territori català. Tot i això, a causa de les reaccions químiques complexes i no lineals entre els NO_x i els COVs, les altes concentracions d' O_3 afecten en major mesura a les zones rurals i suburbanes (Diéguez *et al.* 2014).

Arran de la problemàtica creixent generada per l' O_3 , rau la necessitat de reduir les seves concentracions a l'atmosfera i dissenyar estratègies pel seu control. Per a fer-ho, les fonts d'emissió han de ser prèviament atribuïdes a les concentracions observades. Diversos estudis (Jaén *et al.* 2021, Kim and Hopke 2005, Zhang *et al.* 2020) han utilitzat la representació de retrotrajectòries de masses d'aire per identificar l'origen dels contaminants que arriben a un receptor determinat. El model utilitzat per aquest propòsit és el *Hybrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory* (HYSPLIT). Un cop obtingudes les retrotrajectòries amb el HYSPLIT,

* Adreça electrònica: jgiliciu7@alumnes.ub.edu

el mètode CWT (*Concentration Weighted Trajectory*) ha sigut força utilitzat per identificar els punts del territori que són fonts d'emissió que afecten les concentracions de contaminants en determinats receptors (*Zhang et al.* 2019). En aquest sentit, els models meteorològics són essencials per estudiar els episodis d' O_3 , així com ho és la modelització de la qualitat de l'aire.

L'objectiu principal d'aquest estudi és identificar les fonts potencials del territori de Catalunya que contribueixen a elevades concentracions d' O_3 per a punts determinats. Es pretén quantificar l'aglomeració de les indústries i classificar les seves emissions, determinar la relació de les fonts potencials identificades amb les emissions de precursors i analitzar el paper que hi juguen les circulacions en la dinàmica de l' O_3 .

II. METODOLOGIA I ADQUISICIÓ DE DADES

A. Àrea d'estudi

L'estudi s'ha desenvolupat a Catalunya (Espanya), al nord-est de la Península Ibèrica. La ciutat de Barcelona és la capital de Catalunya i està situada a la línia costanera del mar Mediterrani. Dues cadenes muntanyoses estan situades paral·lelament a la línia de la costa: la Serralada Litoral i la Serralada Prelitoral, precedides de la Depressió Prelitoral i Depressió Litoral respectivament. Darrere la Serralada Prelitoral es troba la Depressió Central, la qual ocupa gairebé tot l'interior de Catalunya, des de les planes de Lleida fins a la plana de Vic. La complexa orografia d'aquesta regió comporta fortes inversions tèrmiques que fan disminuir l'altura de la capa de mescla, dificultant la dispersió dels contaminants que hi arriben i acumulant-ne grans concentracions. Per altra banda, la brisa marina induïx circulacions que determinen el transport dels contaminants.

L'Àrea Metropolitana de Barcelona (AMB) s'estén a través de la Depressió Litoral i Prelitoral i a més d'estar densament poblada i de tenir una gran quantitat d'infraestructures (carreteres, un port, un aeroport, xarxes de telecomunicacions, etc.), també concentra un elevat nombre d'indústries emissores d'espècies químiques precursors d' O_3 a l'atmosfera. Aquestes es veuen sovint transportades cap a l'interior de Catalunya per l'advecció de la brisa marina, capaç de transportar masses d'aire des de la costa fins a zones més rurals de l'interior del territori (*Jaén et al.* 2021). En aquest sentit, la vall del riu Llobregat i del riu Besòs (Fig. 1) juguen un paper important en la canalització i transport de les emissions des de l'AMB cap a l'interior.

B. Dades de qualitat de l'aire

Per a aquest estudi s'han utilitzat dades de concentració d' O_3 amb freqüència horària durant els



Figura 1: Àrea d'estudi amb les principals característiques geogràfiques i localització i classificació de les estacions.

mesos d'estiu (juny, juliol i agost) de 4 anys (2016, 2017, 2018 i 2019) de 9 estacions de la Xarxa de Vigilància i Previsió de la Contaminació Atmosfèrica (XVPCA): Vic, Manlleu, Manresa, Tona (Zona Esportiva), Montseny (La Castanya), Bellver de Cerdanya, Pardines i Begur. Cada estació té unes característiques diferents i es classifiquen segons l'ocupació del sòl (àrees urbanes, suburbanes o rurals) i els tipus de fonts emissores (àrees de trànsit, industrials o de fons) (Fig. 1). A més, cada una de les estacions es troba a una altitud diferent de la resta, sent Pardines i Bellver de Cerdanya els punts receptors més elevats (1126 m i 1060 m respectivament). Montseny (La Castanya) i Tona (Zona Esportiva) també es troben a punts elevats (693 m i 620 m respectivament), comparat amb els 200 m de Begur, 238 m de Manresa, 460 m de Manlleu, 498 m de Vic i 238 m d'Alcover.

C. Dades d'emissions

A Catalunya, un total de 1479 indústries estan donades d'alta al Registre d'Emissions i Transferència de Contaminants PRTR-CAT que recull les dades públiques d'emissions a l'aire. Les indústries que es troben en aquest registre estan codificades amb un codi d'activitat genèric. A Catalunya estan classificades amb 11 categories: instal·lacions de combustió, producció i transformació de metalls, indústries minerals, indústria química, gestió de residus, indústria del paper, cartó i derivada de la fusta, indústria tèxtil, indústria del cuir, indústries agroalimentàries i ramaderia, consum de dissolvents orgànics i tractament d'aigües.

S'han geolocalitzat totes les indústries donades d'alta al registre PRTR-CAT, i també les principals carreteres i autopistes de Catalunya. S'ha dividit el domini en diferents cel·les de $0.03^\circ \times 0.03^\circ$ per quantificar el nombre

d'indústries que hi ha a cada cel·la. Addicionalment, s'han classificat les emissions a l'atmosfera de les espècies químiques segons el tipus d'indústria. Per a fer-ho, s'han utilitzat els contaminants reconeguts com a precursors de l' O_3 : compostos orgànics volàtils no metàncics (COVNM), monòxid de carboni (CO), òxids de nitrogen (NO_x), i en menor mesura, metà (CH_4).

D. Model meteorològic

El model meteorològic és necessari per executar el model de retrotrajectòria HYSPLIT. S'han utilitzat dues fonts de dades del model meteorològic *Weather Research and Forecasting model* (WRF) (Skamarock et al. 2008) corresponents als pronòstics meteorològics amb resolució horària dels mesos d'estiu (juny, juliol i agost) de 4 anys (2016, 2017, 2018, 2019) del WRF-ARAMIS (*A Regional Air Quality Modelling Integrated System*) (Soler et al. 2015) i del WRF-Servei Meteorològic de Catalunya (SMC).

D'una banda s'han utilitzat les dades del model meteorològic WRF en la seva versió 3.5.1, corresponents a les simulacions de pronòstic del sistema ARAMIS desenvolupat pel grup MAiR (*Mesoscale and Microscale Atmospheric Modelling and Research group*). La configuració dels dominis del model utilitza un aniuament en un sentit (*one-way nesting*) amb dominis de 27, 9 i 3 km de pas de malla. Per l'estudi s'utilitza el domini interior de 93x93 cel·les que tenen una mida de 3x3 km. El model inclou 32 nivells verticals, 20 dels quals queden per sota dels 1500 m sobre la superfície. Les parametritzacions físiques utilitzades es detallen a (Soler et al. 2015). Les condicions inicials i de contorn provenen del *European Center for Medium-Range Weather Forecast global model* (ECMWF) amb una resolució de $0.5^\circ \times 0.5^\circ$, forçant les condicions de contorn cada 6 hores.

Per altra banda s'han utilitzat les simulacions també del model WRF en la seva versió 3.5.1 corresponents al SMC amb les mateixes condicions inicials i de contorn. S'utilitza també el domini interior de 3 km de pas de malla, si bé l'àrea de cobertura del domini és més gran que la del sistema ARAMIS, amb un total de 166x154 cel·les. Hi ha 31 nivells verticals no tan concentrats prop de la superfície i les parametritzacions físiques difereixen lleugerament, principalment en la parametrització de l'esquema de la microfísica de núvols, de superfície i de la capa límit.

E. Càlcul de retrotrajectòries i mètode CWT

Les retrotrajectòries s'han calculat a partir del HYSPLIT, per modelitzar l'origen i el recorregut de les masses d'aire. HYSPLIT és un servei desenvolupat per l'*Air Resources Laboratory* (ARL) de la *National Oceanic and Atmospheric Administrations* (NOAA) dels Estats

Units (Stein et al. 2015). Per tal de caracteritzar l'origen dels precursors s'han representat les retrotrajectòries de fins 10 hores enrere associades a la concentració mesurada en el receptor, per a totes aquelles hores finals en què la mitjana del seu cicle diari durant el període de 3 mesos de juny a agost, pels 4 anys de 2016 a 2019, supera els 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de concentració. Les simulacions s'han dut a terme a 8 m sobre el nivell del terra, corresponent al primer nivell vertical del model meteorològic.

El mètode CWT s'ha utilitzat per fer una anàlisi espacial de les fonts potencials de l' O_3 . Per aconseguir-ho, prèviament s'ha dividit el domini en diferents cel·les de $0.03^\circ \times 0.03^\circ$. D'aquesta manera, el mètode CWT desenvolupat per (Hsu et al. 2003) permet assignar a cada cel·la una concentració d'ozó ponderada en funció de la mitjana mesurada en el receptor, i associada a cada retrotrajectòria. És a dir, en cada cel·la fa un recompte de quants punts corresponen a les retrotrajectòries que arriben al punt receptor i les associa a la concentració mesurada en el receptor, que és el punt final de la retrotrajectòria, amb la següent expressió:

$$C_{ij} = \frac{\sum_{l=1}^M C_l \tau_{ijl}}{\sum_{l=1}^M \tau_{ijl}} \quad (1)$$

On C_{ij} és la concentració ponderada d' O_3 a la cel·la ij mesurada en el receptor. C_l és la concentració d' O_3 mesurada en el receptor, τ_{ij} és el nombre de punts de les retrotrajectòries a la cel·la ij que arriben al receptor associats a una C_l , i M és el nombre total de trajectòries a la cel·la ij que arriben al receptor. Cal tenir en compte que en el càlcul del CWT algunes cel·les poden incloure només un punt de retrotrajectòria i correspondre a una mesura elevada de concentració d' O_3 en el receptor. En aquest cas, el valor del CWT no reflectiria la incertesa d'aquest fet. Per tal de minimitzar la incertesa de les cel·les que inclouen pocs punts de retrotrajectòries, s'ha aplicat una funció pes arbitrària W_{ij} proposada per (Zeng and Hopke 1989) que s'ha multiplicat per cada valor de CWT obtingut. W_{ij} pren diferents valors depenent del nombre de punts recomptats per cada cel·la (n_{ij}) en relació amb la mitjana del nombre de punts de totes les cel·les (Avg):

$$W_{ij} = \begin{cases} 1,00 & \text{si } n_{ij} > 3,0Avg \\ 0,70 & \text{si } Avg < n_{ij} \leq 3,0Avg \\ 0,42 & \text{si } 0,5Avg < n_{ij} \leq Avg \\ 0,17 & \text{si } 0 < n_{ij} \leq 0,5Avg \end{cases}$$

D'aquesta manera, la funció pes redueix el valor del CWT quan el nombre total de punts per una determinada cel·la és menor que tres vegades la mitjana del nombre de punts de totes les cel·les. En canvi, el valor del CWT no es veu modificat per la funció pes per aquelles cel·les en què el nombre de punts és major que tres vegades la mitjana.

També s'ha calculat el coeficient de correlació de Pearson per quantificar com d'associats estan els valors

CWT obtinguts per les localitzacions estudiades i el nombre d'indústries que hi ha, per cada cel·la, amb la següent expressió:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^N (x - m_x)(y - m_y)}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (x - m_x)^2 \sum_{i=1}^N (y - m_y)^2}} \quad (2)$$

On m_x és la mitjana del vector x i m_y és la mitjana del vector y (Baak et al. 2020).

III. RESULTATS I DISCUSSIÓ

A. Localització i classificació dels focus d'emissió

A la Fig. 2a es localitzen les indústries del PRTR a Catalunya, amb la seva activitat corresponent, així com la principal xarxa viària. Es pot observar un domini de les indústries agroalimentàries i ramaderia concentrades al voltant de Lleida i Vic. Aquestes indústries signifiquen la majoria (un 64.2%) de les indústries donades d'alta al registre PRTR de Catalunya. Per una altra banda també es distingeixen un gran número d'indústries de gestió de residus a l'entorn de Tarragona, Barcelona i Vallès, on també s'identifica una concentració elevada d'indústries químiques, minerals i de producció i transformació dels metalls. La resta de sectors suposen cada un d'ells menys del 2% del total dels establiments PRTR, tot i que és important destacar la presència de 20 instal·lacions de combustió repartides per tot el territori per ser el sector d'indústria que més COVs i NO_x emet a l'atmosfera per unitat d'indústria (139.4 i 173.2 t/any 2019 respectivament).

A la Fig. 2b s'identifiquen els "punts amb alta activitat industrial" (PAAI) en aquelles cel·les que contenen una concentració major de set indústries: la plana de Vic (amb una cel·la de 9 indústries), el port de Barcelona (amb una cel·la amb 10 indústries), Tarragona (amb dues cel·les amb 10 i 15 indústries) i el Vallès Oriental i Occidental (amb quatre cel·les amb 8 i 9 indústries). A les Taules II, III, IV, V, VI, VII, VIII i IX de l'Annex s'analitzen quines indústries hi ha en aquestes cel·les.

La Fig. 3 mostra la proporció de les substàncies emeses a l'atmosfera precursors de l' O_3 classificada per cada sector d'indústria. És interessant veure que els establiments que emeten més COVs (COVNM + CH_4) són les indústries agroalimentàries i ramaderia amb un 72%, la gestió dels residus amb un 76%, i el consum i dissolvents orgànics amb un 83%, la producció i transformació de metalls amb un 49%, i les indústries químiques amb un 50%. En canvi, els establiments que emeten més NO_x són les indústries del paper, cartró i derivada de la fusta (54%), les indústries tèxtils (53%), les indústries del cuir (73%) i el tractament d'aigües (87%). Les indústries minerals emeten un 61% de CO amb una contribució del 28% de NO_x i pel que fa a les instal·lacions de combustió, un 19% de les emissions correspon als COVs i un 23% als NO_x .

B. CWT i retrotrajectòries - ARAMIS

La Fig. 4 mostra la composició de vuit mapes dels vuit receptors on s'ha aplicat el càlcul CWT.¹ A la Fig. 5 es pot veure la composició de mapes de les mateixes vuit localitzacions amb les retrotrajectòries dels tres mesos de quatre anys de dades i el seu valor de concentració d' O_3 associat. A continuació s'explicarà el cas estudiat per cada un dels mapes, diferenciant entre les hores de matí (de 9 a 13 UTC) i tarda (de 14 a 19 UTC).

Pel cas de Vic (Fig. 4a i 5a), els valors més alts de CWT estan localitzats principalment a la costa de Barcelona i seguint la vall dels rius Besòs-Congost unint la capital amb el municipi de Vic, a través de la carretera C-17, molt transitada pel trànsit rodat. També es pot veure una zona de valors alts de CWT al sud-oest de la localització de Vic, seguint el tram oest de l'Eix Transversal o C-25. Aquest tram fa de nexa entre les localitzacions de Manresa i Vic i es pot observar com una part de les retrotrajectòries associades a altes concentracions d' O_3 mesurades a l'estació de Vic han passat prèviament per la zona de Manresa. Tot i així, les retrotrajectòries relacionades amb episodis declarats d' O_3 provenen la majoria del sud de la localització. També s'observen valors relativament alts de CWT al nord i est de l'estació, seguint també la continuació nord de la C-17 i la continuació est de la C-25 respectivament. Per una altra banda, el mètode de CWT mostra una anàlisi diferent entre les hores del matí i de la tarda, de manera que durant el matí les principals zones identificades com a fonts potencials són les regions del nord i sud-oest de l'estació, possiblement a causa del transport de la massa d'aire provinent de terra endins cap a Vic pel terral. En canvi les cel·les situades al sud, corresponents a l'AMB, a la costa i a sobre del mar, i les de l'est estan associades a les hores de la tarda, quan la brisa marina arriba a Vic. Aquestes cel·les són les principals fonts potencials identificades. Cal no obviar que algunes de les retrotrajectòries associades a altes concentracions d' O_3 provenen del sud de França.

Per Manlleu (Fig. 4b i 5b), els valors més alts de CWT també es troben al voltant de la vall dels rius Besòs-Congost que uneix Barcelona i Manlleu, especialment s'identifica el tram de la C-17 que passa pel Vallès. Cal destacar una contribució molt important de la zona del sud-est de la localització, seguint la part superior del tram est de l'Eix i arribant fins a la costa nord del Maresme. Aquesta contribució no s'havia observat amb tanta intensitat pel cas de Vic, indicant que gran part del flux del sud-est que arriba a Manlleu amb altes concentracions d' O_3 no arriba a Vic i per tant, no penetrà més enllà d'aquesta zona. També s'observa una contribució important del sud-oest de la localització que

¹ Amb les retrotrajectòries del HYSPLIT a partir del WRF-ARAMIS.

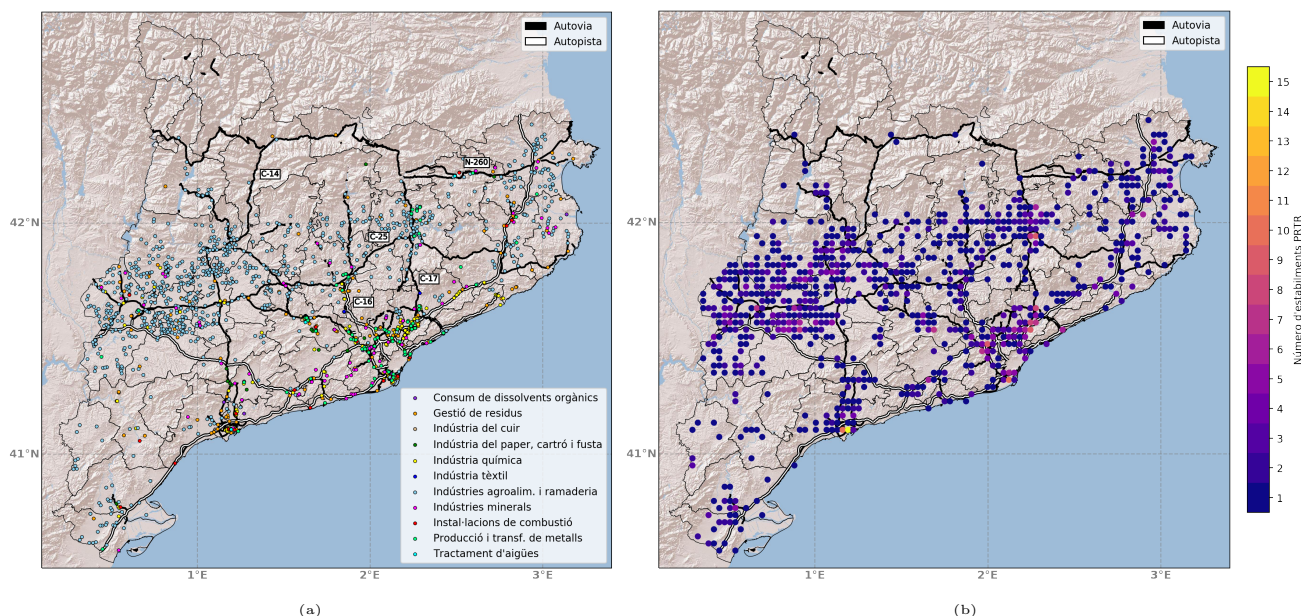


Figura 2: Localització de les indústries del PRTR a Catalunya, amb la seva activitat corresponent i la principal xarxa viària (a) i número d'indústries per cel·la (b).

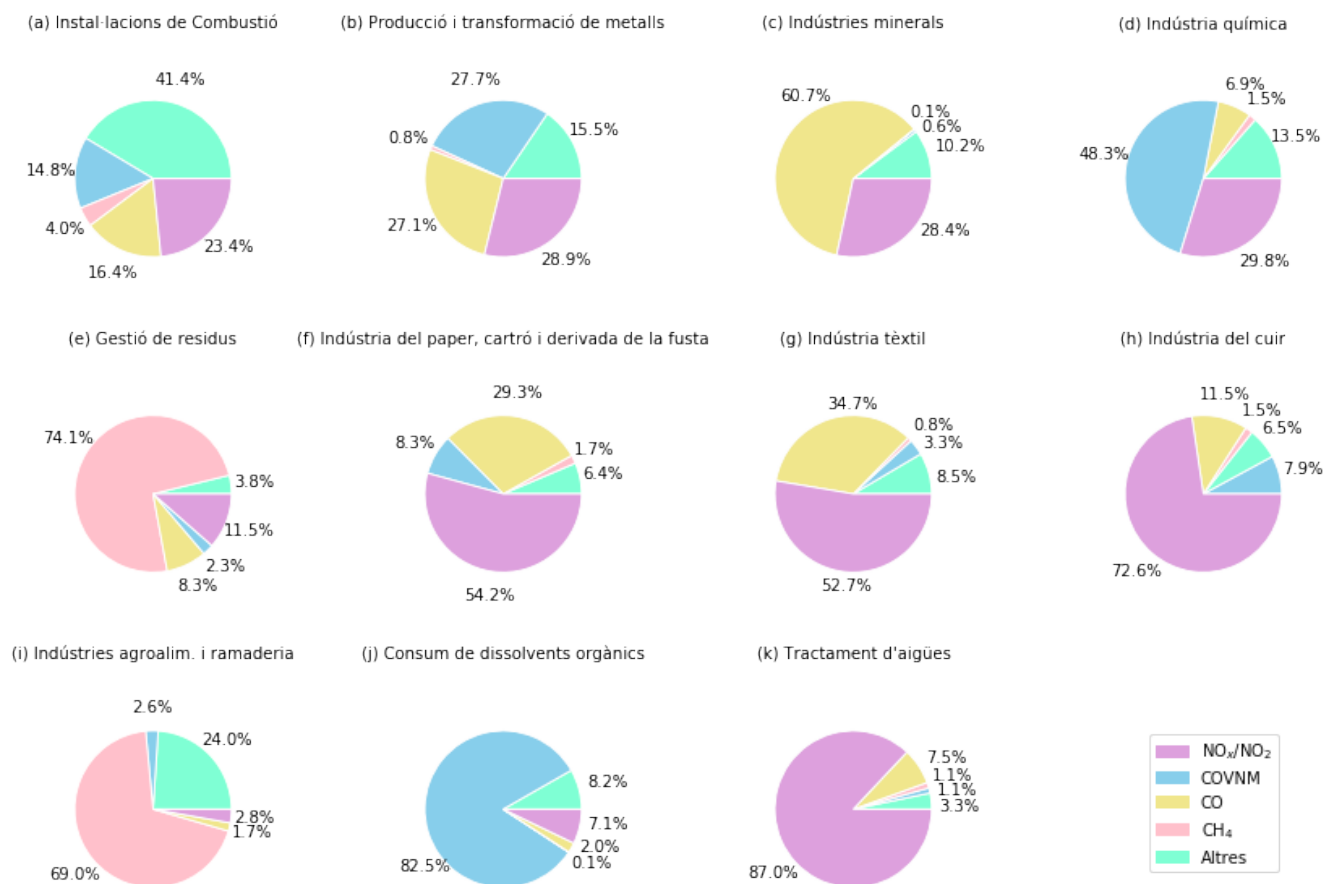


Figura 3: Proporció emesa a l'atmosfera de substàncies precursors de l'ozó troposfèric per unitat d'indústria de cada sector PRTR a l'any 2019.

anteriorment s'ha associat a l'Eix, durant les hores del matí, associades al transport provinent de terra endins per part del terral. En canvi, les cel·les identificades al sud i sud-est de la localització corresponen a hores de la tarda, relacionades amb les dues components de la brisa marina. Són aquestes les associades a concentracions elevades d' O_3 ($> 180 \mu g/m^3$) (Fig. 5b).

A Manresa (Fig. 4c i 5c) destaquen dues zones principals d'origen de masses d'aire que donen lloc a elevades concentracions d' O_3 durant les hores de tarda. Aquestes són la vall del riu Llobregat i la part oest del massís del Garraf. A més, a sobre del mar seguint la costa del Garraf i el Baix Penedès, Barcelonès i Baix Llobregat també es distingeixen cel·les amb valors elevats de CWT. Aquestes contribucions es relacionen amb l'entrada de component sud-oest i sud-est de la brisa marina durant les hores de la tarda. Per una altra banda, durant les hores de matí s'observen valors alts de CWT al nord i oest de la localització de Manresa, seguint el tram nord de la C-17 i el tram oest de la C-25, respectivament, i seguint la circulació del terral. És interessant l'observació de poques retrotrajectòries que provenen de l'est, indicant que aquest flux rarament penetra més enllà de la plana de Vic i que aquesta àrea no és una regió de fonts potencials per a Manresa.

En el cas de Tona (Zona Esportiva) (Fig. 4d i 5d) els valors més alts de CWT tornen a estar al voltant de la costa de Barcelona i seguint la línia que uneix la capital amb l'estació de Tona (C-17). A la zona sud del Vallès Oriental hi ha una concentració de valors alts de CWT. També destaquen les cel·les sobre mar de tota la zona costanera de Barcelona i el Baix Llobregat, especialment durant les hores de la tarda. S'identifiquen també valors alts associats a les hores del matí a l'oest de la localització i al voltant del tram de l'AP-7 que passa pel Vallès. En canvi, a l'est s'observen valors baixos de CWT i poques retrotrajectòries associades, indicant que aquesta àrea no és una font potencial per l'estació de Tona.

A Montseny (La Castanya) (Fig. 4e i 5e) s'identifiquen la costa del Maresme i de tot el Barcelonès, així com la zona del Vallès Oriental i sobre del mar, com a regions principals que serien fonts potencials d' O_3 durant les hores de la tarda. D'aquesta manera la brisa marina induiria el transport de la massa d'aire cap a l'interior fins a arribar la localització d'estudi. Al nord i sud-oest de la localització hi ha una petita contribució, que s'explica per la presència del terral durant les hores del matí.

Per la localització d'Alcover (Fig. 4f i 5f) els valors alts de CWT estan localitzats al sud de la localització, identificant la ciutat de Tarragona, al voltant de la seva costa i sobre del mar. Una possible explicació a aquest fet és que les substàncies gasoses emeses per les indústries presents a Tarragona són transportades cap al mar, on s'acumulen a la capa residual fins que l'endemà s'introdueixen la capa de mescla a mesura que aquesta va creixent, i finalment són retornades a Tarragona per la brisa marina. És destacable veure que la zona nord, est i oest de l'estació pren valors relativament baixos de CWT,

indicant que no contribueixen a les altes concentracions que arriben a la localització.

Per Bellver de Cerdanya (Fig. 4g i 5g) són destacables dues regions amb valors alts de CWT. La primera regió que s'identifica correspon a la zona oest de la localització, associada a la vall del riu Segre, el qual circula en paral·lel amb l'N-260 que creua la Cerdanya d'est a oest. En aquest sentit, doncs, la zona de fonts potencials identificada abasteix la zona al voltant de l'N-260 des de Bellver fins a La Seu d'Urgell, on enllaça amb la C-14 cap al sud. Aquesta contribució, probablement associada a circulacions locals generades per l'orografia, es troba durant les hores del matí i de tarda és fa més extensa. La segona contribució es troba al sud de la localització i durant les hores de la tarda, seguint la vall del riu Llobregat que es bifurca amb la vall del riu Cardener. Aquestes fonts potencials estan associades amb el tram de la C-16 que connecta Bellver amb Manresa i amb menys intensitat, Manresa amb el Vallès. De manera que la brisa marina induiria la circulació de la massa d'aire a través de la vall del Llobregat, remuntant la serra del Cadí i arribant a la Cerdanya, obtenint uns vents catabàtics a la vall de la Cerdanya no habituals en hores diürnes. També es distingeix una petita contribució al voltant de l'AMB, la vall del Llobregat i la part oest del massís del Garraf. Per una altra banda és interessant veure que la zona de l'est de la localització no és una regió de fonts potencials.

A la localització de Pardines (Fig. 4h i 5h) es distingeixen tres regions amb cel·les de fonts potencials. Les dues contribucions de component sud corresponen a hores de la tarda i es troben al sud-oest i al sud-est de la localització i segueixen els trams de la C-16 i la C-17, fent de nexa amb Manresa i Vic respectivament. D'aquesta manera s'identifiquen principalment Manresa i una part de la plana de Vic com a dues zones de fonts potencials d' O_3 per Pardines. La contribució de l'est prové del tram de l'N-260 a l'àrea d'influència de la Garrotxa, i fins i tot de davant de la costa del nord-est de Catalunya indicant una possible contribució d' O_3 transportat a escala regional o a gran escala i que sigui advectionat durant la tarda per la brisa marina cap a l'interior. Cal destacar que tot i que sí que s'observa una petita contribució de la vall del Llobregat i la part oest del massís del Garraf, l'AMB no és una regió considerada font potencial per Pardines. La zona oest de l'estació pren més importància durant les hores del matí, possiblement associada a circulacions locals generades per l'orografia.

S'ha realitzat un anàlisi de la correlació entre les cel·les amb els valors de CWT obtinguts per cada localització estudiada i el número d'indústries que hi ha. A la Taula I s'observa que per les estacions de Vic, Manlleu, Manresa, Montseny, Alcover i Tona el coeficient de correlació obtingut és molt petit, positiu, i estadísticament significatiu. Això implica que existeix una feble relació entre el número d'indústries i el valor de CWT a cada cel·la. Per tant, com més alt és el nombre d'indústries per cel·la, més alt és el valor de

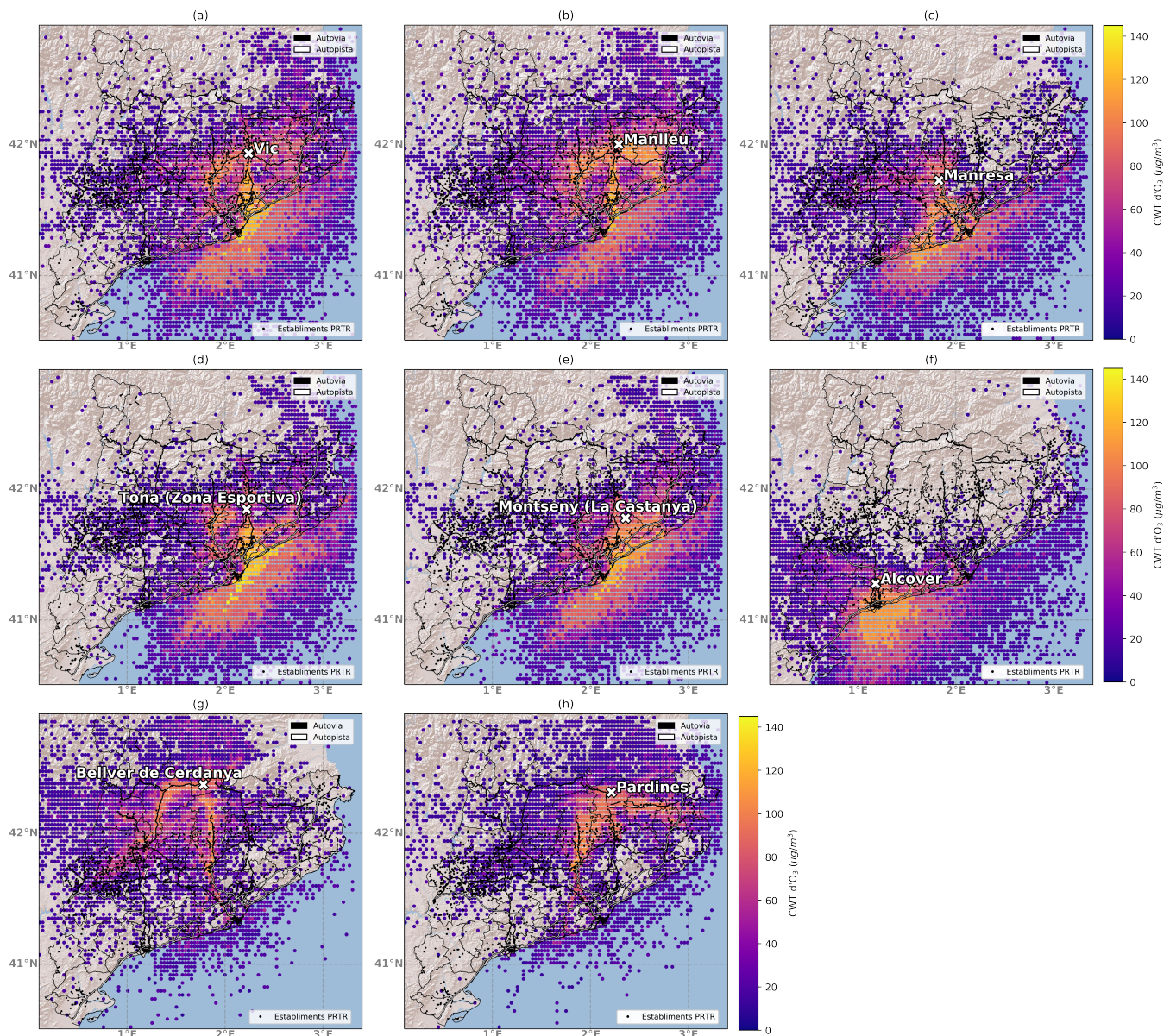


Figura 4: CWT de les retrotrajectòries estivals que acaben a Vic (a), Manlleu (b), Manresa (c), Tona (Zona Esportiva) (d), Montseny (La Castanya) (e), Alcover (f), Bellver de Cerdanya (g) i Pardines (h) per les hores amb una mitjana de juny, juliol i agost superior a $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$, pels anys 2016, 2017, 2018 i 2019. Les línies blanques representen les autopistes, les negres les autovies i les indústries es mostren amb els punts negres.

CWT per la mateixa cel·la. Aquests resultats s'expliquen amb el fet que les fonts potencials considerades en aquestes localitzacions coincideixen amb zones amb un gran nombre d'indústries. Per Pardines i Bellver de Cerdanya s'ha obtingut una correlació negativa i, tot i no ser significativa, aquest resultat té coherència amb el fet que les indústries no són les principals fonts potencials d' O_3 per aquestes dues localitzacions.

C. CWT i retrotrajectòries - SMC

Gràcies al domini més gran que utilitzen les simulacions del SMC s'han pogut obtenir els valors CWT i les retrotrajectòries (Fig. 7a i 7b de l'Annex) per a localització de Begur, on s'identifiquen tres contribucions

Taula I: Anàlisi de la correlació de Pearson i p-valор entre les cel·les amb els valors CWT obtinguts per cada localització estudiada i el número d'indústries que hi ha.

Estació	Coefficient de Pearson	p-valор
Vic	0.161	$3.684 \cdot 10^{-5}$
Manlleu	0.111	0.005
Manresa	0.095	0.020
Montseny	0.308	$5.511 \cdot 10^{-12}$
Alcover	0.106	0.047
Tona	0.248	$1.470 \cdot 10^{-9}$
Pardines	-0.077	0.083
Bellver de Cerdanya	-0.014	0.736

principals. La primera es troba a la regió del nord de Begur, seguint la costa del nord-est de Catalunya i a

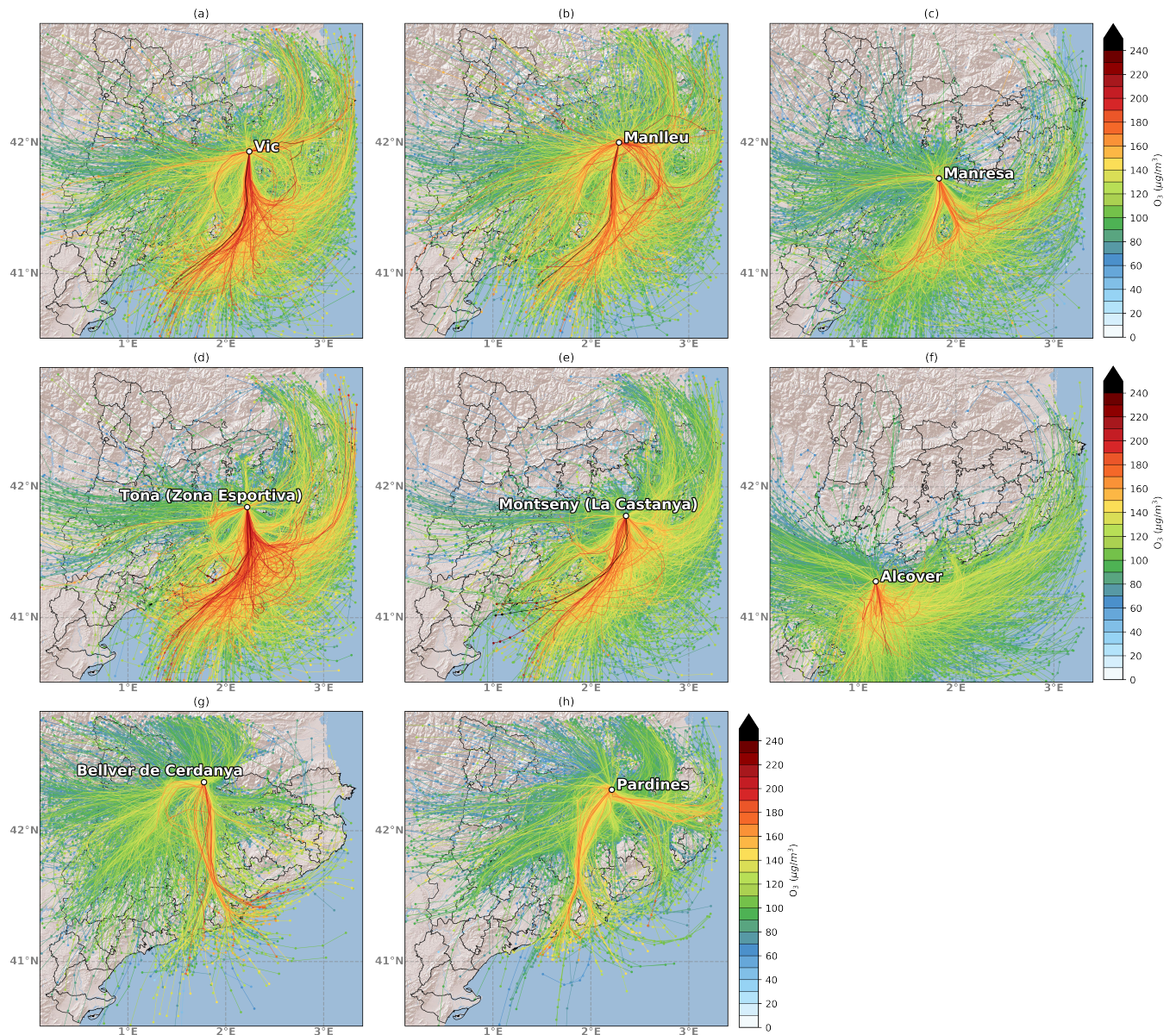


Figura 5: Retrotrajectòries estivals que acaben a Vic (a), Manlleu (b), Manresa (c), Tona (Zona Esportiva) (d), Montseny (La Castanya) (e), Alcover (f), Bellver de Cerdanya (g) i Pardines (h) per les hores amb una mitjana de juny, juliol i agost superior a $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$, pels anys 2016, 2017, 2018 i 2019.

sobre del mar, indicant l'acumulació i recirculació d' O_3 al sud de França o al mar Mediterrani i el transport de la massa d'aire entrant pel cap de Creus fins a Begur per la brisa marina, fent arribar-hi les altes concentracions d'aquest contaminant. La segona contribució es troba al sud-oest de la localització, amb valors alts de CWT sobre del mar de davant de la costa del Baix Empordà, La Selva i nord del Maresme. Valors més baixos de CWT s'identifiquen davant de la costa del sud del Maresme fins a la del Barcelonès, indicant que l'AMB no suposa una regió de fonts potencials per a Begur. La tercera contribució que s'identifica es troba durant les hores de matí, a les cel·les del nord-oest de la localització, seguint l'N-260 a l'àrea d'influència de la Garrotxa.

Utilitzant la font de dades WRF-SMC s'han obtingut uns resultats molt semblants pel mètode CWT amb les mateixes zones identificades com a fonts potencials. En canvi, les retrotrajectòries associades als episodis d' O_3 presenten lleugeres diferències. Aquestes diferències s'observen especialment entre les retrotrajectòries associades als episodis d' O_3 registrats en els anys 2016, 2017, 2018 i 2019 a la localització de Vic pel model ARAMIS i pel model SMC. La principal diferència es troba en el fet que el model ARAMIS interpreta del sud les retrotrajectòries que el model SMC interpreta del sud-oest de la localització de Vic. Aquestes diferències observades s'atribueixen a les diferents parametritzacions de la capa superficial i de la capa límit que utilitza cada

model. A més, en episodis alts d' O_3 , si el vent és feble i no segueix una direcció definida, els models podrien interpretar el camp de vent de diferent direcció.

D. Relació de valors alts de CWT amb alta activitat industrial per cel·la

A partir de la quantificació de les indústries a cada cel·la s'identifiquen les cel·les on l'activitat industrial és més alta, considerant aquelles cel·les amb un nombre major de cinc indústries (Fig. 6 i 8 de l'Annex) i es relacionen amb els valors alts de CWT obtinguts. Per la localització de Vic (Fig. 6), 3 de les 7 cel·les amb valors alts de CWT corresponen als PAAIs identificats al Vallès Oriental. Les 4 restants es troben al Vallès i destaca una cel·la al voltant de Mataró, la capital del Maresme. Aquesta cel·la conté dos indústries agroalimentàries i de ramaderia, tres indústries de gestió de residus i una de producció i transformació de metalls. Les mateixes 3 cel·les identificades com a PAAIs al Vallès Oriental també coincideixen amb valors alts de CWT per a la localització de Manlleu (Fig. 8a de l'Annex), Tona (Fig. 8c de l'Annex) i Montseny (Fig. 8d de l'Annex). La cel·la identificada a prop de Mataró també coincideix amb una font potencial per a Tona i Montseny.

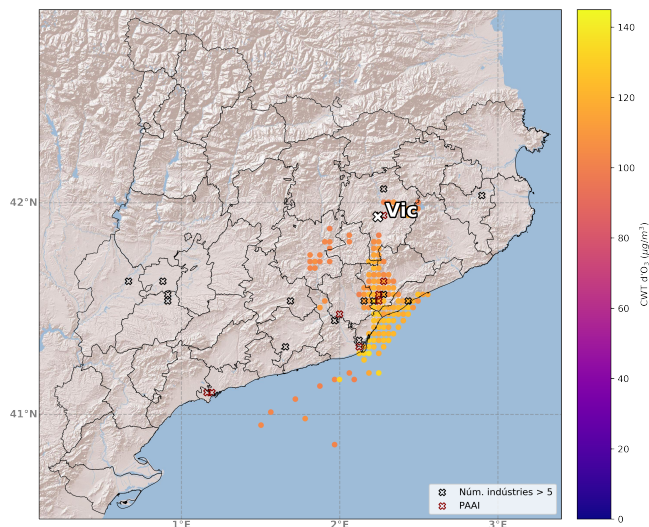


Figura 6: Cel·les amb valors alts de CWT per Vic i cel·les on l'activitat industrial és més alta, considerant aquelles cel·les amb un nombre major de cinc indústries per cel·la. També s'identifiquen les cel·les considerades PAAIs amb un nombre major de set indústries per cel·la.

Per Manresa (Fig. 8b) s'identifiquen 3 cel·les d'alta activitat industrial que coincideixen amb valors alts de CWT. Aquestes es troben al Baix Llobregat, al Barcelonès i a l'Alt Llobregat. Per la localització d'Alcover (Fig. 8f de l'Annex) coincideixen els 2 PAAIs situats al Tarragonès amb cel·les de fonts potencials. I per a Bellver de Cerdanya (Fig. 8f de l'Annex) i Pardines (Fig. 8g de l'Annex) no hi ha cap cel·la amb alta activitat industrial que coincideixi amb una font potencial.

Per analitzar un cas particular, s'identifiquen les 3 cel·les del Vallès Oriental amb les coordenades corresponents: cel·la 1 (41.6309, 2.2779); cel·la 2 (41.5689, 2.2469); cel·la 3 (41.5379, 2.2469) (Taules VI, VII i VIII de l'Annex) com a principals zones d'origen d'elevades concentracions d' O_3 a Vic, Manlleu, Tona (Zona Esportiva) i Montseny (La Castanya). Es determina també que en aquestes cel·les dominen les indústries de producció i transformació de metalls i les químiques. Aquestes dues indústries, per unitat, van emetre a l'atmosfera 12.6 t i 17 t de NO_x respectivament i 12.5 t i 28.5 t de COVs respectivament l'any 2019. Si es multiplica pel número que hi ha de cada una d'elles, per exemple a la cel·la 1 (Veure a Taula VI de l'Annex), i posteriorment es suma el total emès per substància, s'obté que aquesta cel·la va emetre 88,8 t de NO_x i 123 t de COVs l'any 2019, i cal tenir en compte que encara faltaria sumar les emissions de les 2 indústries restants: gestió de residus i indústria del paper, cartró i derivada de la fusta. Aquests resultats indiquen que si es consideren les emissions de les indústries en el conjunt de l'interior d'una cel·la i no aïlladament, les seves emissions poden ser iguals o majors a les emissions d'una instal·lació de combustió.

E. CONCLUSIONS

En aquest estudi s'han identificat els punts del territori que són origen d'elevades concentracions d' O_3 en uns receptors determinats, i s'ha pogut determinar fonts potencials per a cada receptor. S'han reconegut zones d'origen de masses d'aire que tenen associades elevades concentracions d' O_3 i s'han relacionat amb les circulacions a cada receptor, així com les diferències entre les hores del matí i les hores de la tarda. També s'han pogut identificar quines són les fonts potencials que s'associen a zones d'alta activitat industrial.

Els resultats obtinguts indiquen que les localitzacions de Vic i Manlleu segueixen un comportament semblant pels valors relativament alts de CWT, ja que per ambdues localitzacions s'han identificat cel·les de fonts potencials al sud o sud-est, al Vallès, Barcelonès, al mar i davant la costa de Barcelona. Aquestes s'associen a les hores de la tarda, quan la brisa marina entra cap a l'interior transportant, per una banda la massa d'aire carregada de substàncies gasoses emeses per les indústries de l'AMB i per una altra banda la massa d'aire provinent de sobre del mar. Així, en cas d'acumulació o recirculació de l' O_3 , la massa d'aire arriba a les localitzacions estudiades contribuint a l'augment de la concentració d'aquest contaminant. Les cel·les identificades com a fonts potencials al nord o sud-oest de la localització, en canvi, corresponen a les hores del matí associades a la circulació provinent de l'interior i amb valors inferiors de CWT. Per Manresa destaca la principal contribució a la vall del riu Llobregat i la part oest del massís del Garraf. Els resultats han mostrat que aquestes localitzacions

estan relacionades amb les fonts potencials associades a zones amb alta activitat industrial i vies molt transitades pel trànsit rodat.

Per Tona destaquen valors molt alts de CWT al davant de la costa de Barcelona i per Montseny s'han identificat les cel·les de la costa del Maresme i de tot el Barcelonès, la zona del Vallès i sobre del mar. Cal destacar que aquesta última estació, per trobar-se a altituds més elevades, pot mesurar les concentracions d'O₃ de fons que es mantenen en alçada a causa de la recirculació de la brisa marina.

Per Alcover s'han identificat com a fonts potencials totes les cel·les de l'entorn Tarragona, així com les de sobre del mar del davant de la seva costa. Les emissions provinents de les indústries localitzades a l'àrea d'influència de Tarragona són transportades cap al mar, on s'acumulen i l'endemà són retornades cap a l'interior per la brisa marina. Els resultats indiquen que les fonts potencials associades a zones amb alta activitat industrial provenen de l'àrea d'influència de Tarragona.

Les principals fonts potencials que donen concentracions altes d'O₃ a Bellver de Cerdanya i Pardines no són les cel·les situades a l'AMB, sinó que s'identifica l'àrea d'influència de Manresa i s'associen a circulacions més locals induïdes per l'orografia de la zona i transport a escala regional i gran escala. També són més susceptibles de rebre contribucions d'O₃ de fons pel fet que es troben a elevades altituds. Els valors de CWT no es relacionen amb el número d'indústries que hi ha i no tenen fonts potencials associades a zones amb alta activitat industrial. Tot i això, s'han distingit alguns trams de les vies que comuniquen la Cerdanya com a possibles fonts potencials per aquestes dues localitzacions.

L'anàlisi de les emissions d'una cel·la concreta al Vallès Oriental, identificada com a font potencial associada amb una alta activitat industrial, mostra que per abordar la problemàtica generada per l'O₃ és rellevant inventariar les emissions en el conjunt de totes les fonts emissores que es troben en un espai delimitat. En aquest sentit, és necessari establir llinars d'emissió més estrictes per aquests focus que no es troben aïllats.

AGRAÏMENTS

Vull agrair a la Mireia Udina tot el que he après durant l'elaboració del treball, i a la Clara Jaén per ajudar-me a entendre el seu algorisme. També vull agrair a tot l'equip de la Secció d'Immissions i al Servei Meteorològic de Catalunya per les dades facilitades. Gràcies també a la meua família i amics. Gràcies a tots per haver fet possible aquest treball.

REFERÈNCIES

Arnold, S. R., et al., Simulated global climate response to tropospheric ozone-induced changes in plant transpiration,

Geophysical Research Letters, 45, 13,070–13,079, doi: 10.1029/2018GL079938, 2018.

Baak, M., R. Koopman, H. Snoek, and S. Klous, A new correlation coefficient between categorical, ordinal and interval variables with pearson characteristics, *Computational Statistics and Data Analysis*, 152, doi: 10.1016/j.csda.2020.107043, 2020.

Diéguez, J. J., V. Calatayud, and E. Mantilla, Informe final memoria técnica proyecto conoze contaminación por ozono en españa proyecto financiado por la fundación biodiversidad, 2014.

EEA, Air quality in europe - 2018 report, 2018.

Hsu, Y.-K., T. M. Holsen, and P. K. Hopke, Comparison of hybrid receptor models to locate pcb sources in chicago, 2003.

Jaén, C., M. Udina, and J. Bech, Analysis of two heat wave driven ozone episodes in barcelona and surrounding region: Meteorological and photochemical modeling, *Atmospheric Environment*, 246, doi:10.1016/j.atmosenv.2020.118037, 2021.

Kim, E., and P. K. Hopke, Identification of fine particle sources in mid-atlantic us area, 2005.

Massagué, J., C. Carnerero, M. Escudero, J. M. Baldasano, A. Alastuey, and X. Querol, 2005-2017 ozone trends and potential benefits of local measures as deduced from air quality measurements in the north of the barcelona metropolitan area, *Atmospheric Chemistry and Physics*, 19, 7445–7465, doi:10.5194/acp-19-7445-2019, 2019.

Querol, X., et al., Phenomenology of high-ozone episodes in ne spain, *Atmospheric Chemistry and Physics*, 17, 2817–2838, doi:10.5194/acp-17-2817-2017, 2017.

Skamarock, W. C., J. B. Klemp, J. Dudhia, D. O. Gill, D. M. Barker, W. Wang, and J. G. Powers, A description of the advanced research wrf version 3, 2008.

Soler, M. R., P. Gámez, and M. Olid, Aramis un modelo regional para la gestión de la calidad del aire. evaluación y validación, *Física de la Tierra*, 27, doi: 10.5209/rev.fite.2015.v27.51196, 2015.

Stein, A. F., R. R. Draxler, G. D. Rolph, B. J. Stunder, M. D. Cohen, and F. Ngan, Noaa's hysplit atmospheric transport and dispersion modeling system, doi:10.1175/BAMS-D-14-00110.1, 2015.

Zeng, Y., and P. K. Hopke, A study of the sources of acid precipitation in ontario, canada, 1989.

Zhang, K., L. Zhou, Q. Fu, L. Yan, Q. Bian, D. Wang, and G. Xiu, Vertical distribution of ozone over shanghai during late spring: A balloon-borne observation, *Atmospheric Environment*, 208, 48–60, doi: 10.1016/j.atmosenv.2019.03.011, 2019.

Zhang, K., J. Xu, Q. Huang, L. Zhou, Q. Fu, Y. Duan, and G. Xiu, Precursors and potential sources of ground-level ozone in suburban shanghai, *Frontiers of Environmental Science and Engineering*, 14, doi:10.1007/s11783-020-1271-8, 2020.

Annex. Taules i figures complementàries

Taula II: Plana de Vic, cel·la (41.940999999999946, 2.277999999999995) amb 9 indústries.

NOM ESTABLIMENT	NOM MUNICIPI	APARTAT PRTR	CODI	X	Y
EL RAURELL	FOLGUEROLES	Ind. agroalim. i ramaderia	7.a.ii	2.28782365	41.9381468
ESCORXADOR FRIGORÍFIC D'OSONA	VIC	Ind. agroalim. i ramaderia	8.a	2.28370392	41.9484068
EDAR Vic	VIC	Gestió de residus	5.f	2.27236773	41.9532892
CÀRNIQUES D'OSONA	VIC	Ind. agroalim. i ramaderia	8.b.i	2.28503358	41.9481809
ABBEY METALS EUROPE	VIC	Prod. i transf. de metalls	2.e.ii	2.28389131	41.9553791
IND. CÁRNICAS MONTRONILL	VIC	Ind. agroalim. i ramaderia	8.b.i	2.27578585	41.9551121
GRUP BAUCELLS	VIC	Ind. agroalim. i ramaderia	8.b.i	2.28527566	41.9491912
J. VIÑAS	VIC	Ind. agroalim. i ramaderia	8.a	2.28534362	41.9495879
COSTA FOOD MEAT	VIC	Ind. agroalim. i ramaderia	8.b.i	2.28488671	41.9472884

Taula III: Port de Barcelona, cel·la (41.32099999999997, 2.122999999999967) amb 10 indústries.

NOM ESTABLIMENT	NOM MUNICIPI	APARTAT PRTR	CODI	X	Y
COPLOSA	BARCELONA	Indústria química	4.b.v	2.11006067	41.3344839
ARCHROMA IBERICA	PRAT DE LLOBREGAT (EL)	Indústria química	4.a.x	2.13033619	41.3150924
CAILA and PARES	BARCELONA	Indústria química	4.a.ii	2.1322417	41.3254566
MERCADOS DE ABASTECIMIENTOS	BARCELONA	Ind. agroalim. i ramaderia	8.a	2.11467491	41.3352762
TOTAL PETROCHEMICALS IBÉRICA	PRAT DE LLOBREGAT (EL)	Indústria química	4.a.viii	2.13382454	41.314209
VIDRIERIA ROVIRA	BARCELONA	Indústries minerals	3.e	2.12560786	41.327397
GALVÁNICAS GIRONA	BARCELONA	Prod. i transf. de metalls	2.f	2.13594482	41.336813
EDAR	PRAT DE LLOBREGAT (EL)	Gestió de residus	5.f	2.12682587	41.3086615
SEAT (Componentes)	PRAT DE LLOBREGAT (EL)	Prod. i trans. de metalls	2.e.ii	2.12644553	41.321044
ASSECAT TÈRMIC	PRAT DE LLOBREGAT (EL)	Gestió de residus	5.h.i	2.1273358	41.3152139

Taula IV: Tarragona (1), cel·la (41.10399999999998, 1.193) amb 15 indústries.

NOM ESTABLIMENT	NOM MUNICIPI	APARTAT PRTR	CODI	X	Y
ERCROS (fàbrica de Tarragona a la Canonja)	CANONJA (LA)	Tractament d'aigües	5.g.i	1.1960434	41.1080157
DOW CHEMICAL IBERICA (DOW SUD)	CANONJA (LA)	Indústria química	4.a.viii	1.18735537	41.1030513
SEKISUI SPECIALTY CHEMICALS EUROPE	CANONJA (LA)	Indústria química	4.a.viii	1.19195284	41.1095278
ERCROS (fàbrica de Vila-seca I)	VILA-SECA	Indústria química	4.b.i	1.17945177	41.097324
TARRAGONA POWER	CANONJA (LA)	Instal·lacions de combustió	1.c.i (b)	1.18077262	41.1094329
INDUSTRIAS QUÍMICAS DEL ÓXIDO DE ETILENO	CANONJA (LA)	Indústria química	4.a.ii	1.20080507	41.111576
TRANSFORMADORA DE ETILENO	CANONJA (LA)	Indústria química	4.a.viii	1.19389348	41.1078108
BASF ESPAÑOLA (la Canonja)	CANONJA (LA)	Indústria química	4.d	1.18389984	41.1139319
EDAR Vila-seca i Salou	VILA-SECA	Gestió de residus	5.f	1.19173587	41.0979048
ECOLÓGICA IBÉRICA Y MEDITERRANEA	CANONJA (LA)	Gestió de residus	5.a.ii	1.17907527	41.1096582
NITRICOMAX	CANONJA (LA)	Indústria química	4.b.ii	1.19441355	41.1096925
REPSOL DESLLAST TARRAGONA	VILA-SECA	Gestió de residus	5.a.ii	1.19527658	41.0938349
CENTRAL DE PRODUCCIÓ DE VAPOR	CANONJA (LA)	Instal·lacions de combustió	1.c.ii (b)	1.19145438	41.1072952
CEMENTOS ESFERA	TARRAGONA	Indústries minerals	3.c.i.(a)	1.20607221	41.1119014
PRIMACOR	CANONJA (LA)	Indústria química	4.a.viii	1.19057074	41.1039125

Taula V: Tarragona (2), cel·la (41.10399999999998, 1.162000000000004) amb 10 indústries.

NOM ESTABLIMENT	NOM MUNICIPI	APARTAT PRTR	CODI	X	Y
ERCROS (fàbrica de Vila-seca II)	VILA-SECA	Indústria química	4.a.viii	1.16106805	41.1049765
CLARIANT IBERICA PRODUCCION	CANONJA (LA)	Indústria química	4.a.xi	1.17471576	41.0976454
BASF SONATRACH PROPANCHER	CANONJA (LA)	Indústria química	4.a.i	1.17630646	41.1085786
COVESTRO (Tarragona)	CANONJA (LA)	Indústria química	4.a.iv	1.1698261	41.1082146
CELANESE SALES IBERICA	CANONJA (LA)	Indústria química	4.a.viii	1.17122664	41.0993735
ELIX POLYMERS	CANONJA (LA)	Indústria química	4.a.viii	1.17188854	41.1077069
BASELL POLIOLEFINAS IBÉRICA	CANONJA (LA)	Indústria química	4.a.viii	1.17698602	41.1102737
IQOXE EMULSIONES POLIMÉRICAS	CANONJA (LA)	Indústria química	4.a.viii	1.17211964	41.0989463
NGC IBERIA RECONDITIONING	CANONJA (LA)	Gestió de residus	5.a.ii	1.17262536	41.0983148
KEMIRA IBÉRICA (PLANTA LA CANONJA)	CANONJA (LA)	Indústria química	4.b.iv	1.17108375	41.1079553

Taula VI: Vallès Oriental (1), cel·la (41.63099999999996, 2.277999999999995) amb 8 indústries.

NOM ESTABLIMENT	NOM MUNICIPI	APARTAT PRTR	CODI	X	Y
BEFESA ALUMINIO	FRANQUESES DEL VALLÈS (LES)	Prod. i transf. de metalls	2.e.ii	2.28955788	41.6375605
ZINCADOS INDUSTRIALES	CANOVELLES	Prod. i transf. de metalls	2.e.ii	2.28374557	41.6278958
BIOQUIM, S.A.	FRANQUESES DEL VALLÈS (LES)	Indústria química	4.e	2.29036129	41.642033
DERIVADOS Y POLIMEROS	FRANQUESES DEL VALLÈS (LES)	Indústria química	4.a.viii	2.29261502	41.6302926
ORRION CHEMICALS BISCHER	CANOVELLES	Indústria química	4.b.v	2.28537169	41.6274015
SMURFIT KAPPA ESPAÑA	CANOVELLES	Ind. del paper	6.b.i	2.28481226	41.6302263
ALEACIONES Y DESOX.	FRANQUESES DEL VALLÈS (LES)	Prod. i transf. de metalls	2.e.ii	2.28291724	41.6430587
ENVASES JC GUEVARA	FRANQUESES DEL VALLÈS (LES)	Gestió de residus	5.a.ii	2.28544007	41.6266453

Taula VII: Vallès Oriental (2), cel·la (41.56899999999996, 2.246999999999954) amb 8 indústries.

NOM ESTABLIMENT	NOM MUNICIPI	APARTAT PRTR	CODI	X	Y
AFV INICIA	PARETS DEL VALLÈS	Prod. i transf. de metalls	2.f	2.248301665	41.56838404
DSM COATING RESINS	PARETS DEL VALLÈS	Indústria química	4.a.ii	2.244933537	41.57437881
DANONE	PARETS DEL VALLÈS	Ind. agroalim. i ramaderia	8.c	2.236184586	41.55949509
STAHL IBERICA	PARETS DEL VALLÈS	Indústria química	4.a.viii	2.244116971	41.57342769
DECORAL	PARETS DEL VALLÈS	Prod. i transf. de metalls	2.f	2.236023582	41.55483726
MOLIENDA Y DERIVADOS	PARETS DEL VALLÈS	Indústria química	4.c	2.241303865	41.57396761
GALVÁNICAS GASMAR	PARETS DEL VALLÈS	Prod. i transf. de metalls	2.f	2.237328157	41.55708873
UVE 2003	PARETS DEL VALLÈS	Gestió de residus	5.i	2.244117199	41.56106073

Taula VIII: Vallès Oriental (3), cel·la (41.53799999999996, 2.246999999999954) amb 9 indústries.

NOM ESTABLIMENT	NOM MUNICIPI	APARTAT PRTR	CODI	X	Y
A. BIANCHINI INGENIERO	MONTORNES DEL VALLÈS	Prod. i transf. de metalls	2.c.iii	2.259737917	41.54788563
INDUSTRIAL GALVANIZADORA	MONTORNES DEL VALLÈS	Prod. i transf. de metalls	2.c.iii	2.240502551	41.54304037
FCC AMBITO	MONTMELÓ	Gestió de residus	5.a.ii	2.240664728	41.54659932
DITECSA SOLUCIONES MEDIOAMB.	MONTORNES DEL VALLÈS	Gestió de residus	5.a.v	2.243285861	41.54494125
PURAC BIOQUIMICA	MONTMELÓ	Indústria química	4.a.ii	2.254259261	41.5478142
LUBRIZOL ADVANCED MATERIALS	MONTMELÓ	Indústria química	4.a.viii	2.25588245	41.54741939
FARMHISPANIA	MONTMELÓ	Indústria química	4.e	2.237814219	41.54633727
COBEGA	MARTORELLES	Ind. agroalim. i ramaderia	8.b.ii.(a)	2.239297798	41.54149216
EDAR	MONTORNES DEL VALLÈS	Gestió de residus	5.f	2.237145492	41.54202735

Taula IX: Vallès Occidental, cel·la (41.475999999999964, 1.998999999999998) amb 9 indústries.

NOM ESTABLIMENT	NOM MUNICIPI	APARTAT PRTR	CODI	X	Y
GREMIAL DE CATALUNYA	CASTELLBISBAL	Ind. agroalim. i ramaderia	8.a	1.98970453	41.4634496
QUIMICA BASICA	CASTELLBISBAL	Indústria química	4.b.i	1.999874926	41.46552009
INDUSTRIAS GMB	CASTELLBISBAL	Indústria química	4.e	2.00425613	41.46718843
TEJALA	RUBÍ	Indústries minerals	3.g	2.008901237	41.4656973
ARCHROMA IBERICA (Castellbisbal)	CASTELLBISBAL	Indústria química	4.a.x	2.00308637	41.46537683
MOEHS CATALANA	RUBÍ	Indústria química	4.e	2.00565152	41.46285897
NESTLE PURINA PETCARE ESPAÑA	CASTELLBISBAL	Ind. agroalim. i ramaderia	8.b.iii.(a)	1.988335037	41.48375807
SIRCAT (RUBÍ)	RUBÍ	Gestió de residus	5.i	2.007347755	41.46626938
FCC AMBITO	CASTELLBISBAL	Gestió de residus	5.c.i	1.98677943	41.48058282

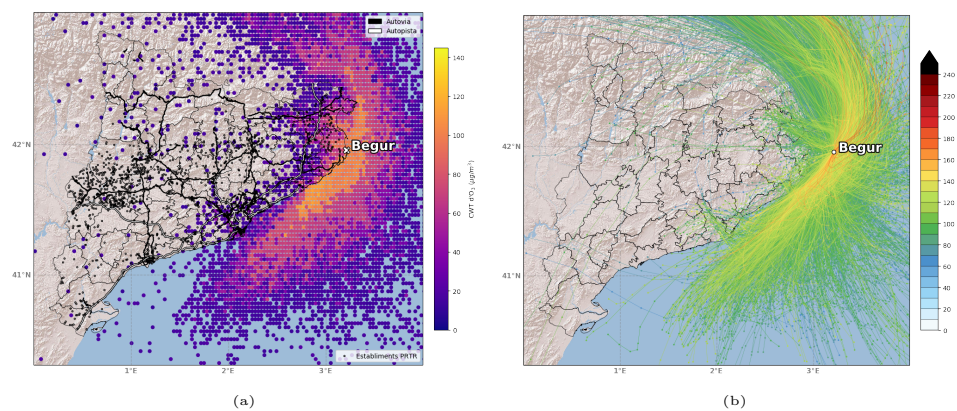


Figura 7: CWT de les retrotrajectòries (a) i retrotrajectòries (b) estivals que acaben a Begur per les hores amb mitjana de juny, juliol i agost superior a $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$, pels anys 2016, 2017, 2018 i 2019.

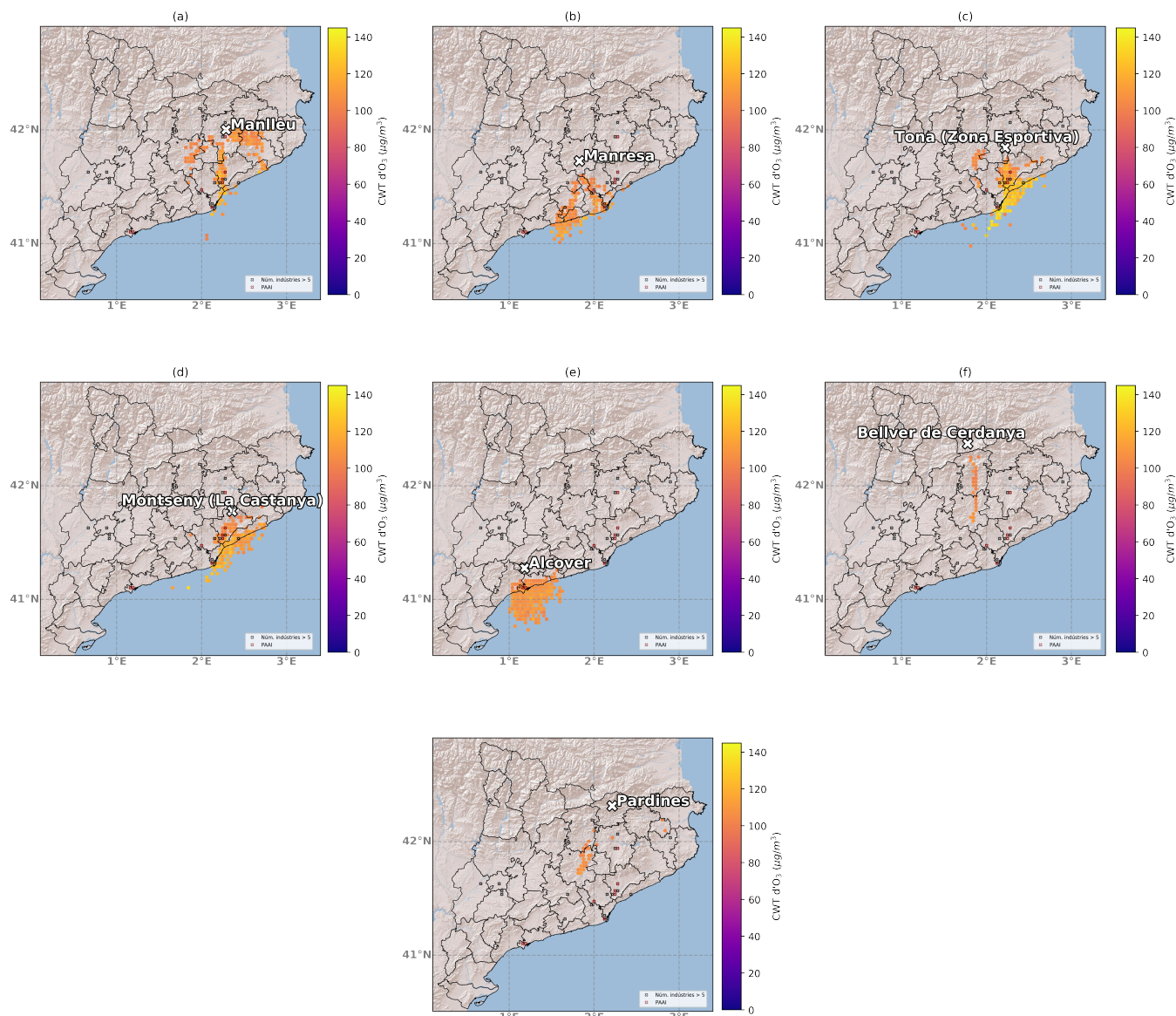


Figura 8: Cel·les amb valors alts de CWT i cel·les on l'activitat industrial és més alta, considerant aquelles cel·les amb un nombre major de cinc indústries per cel·la. També s'identifiquen les cel·les considerades PAAIs amb un nombre major de set indústries per cel·la. La creu petita vermella representa les cel·les PAAI, i la creu petita negra representa les cel·les amb un nombre major de 5 indústries. Per veure el mapa amb més detall, consultar l'article en versió digital.